

8.1 RIESGO: CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN

LOS RIESGOS PUEDEN OCASIONAR DAÑOS AL HOMBRE O AL MEDIO AMBIENTE O PÉRDIDAS ECONÓMICAS

- Se considera riesgo a toda condición, proceso o evento que pueda causar heridas, enfermedades, pérdidas económicas o daños al medio ambiente.
- Los riesgos se pueden clasificar en tres grandes grupos:
 - Riesgos tecnológicos o culturales: consecuencia de errores humanos o de modos de vida peligrosos.
 - Riesgos naturales. Pueden ser:
 - Biológicos
 - Químicos
 - Físicos
 - Climáticos o atmosféricos
 - Geológicos
 - Cósmicos
 - Riesgos mixtos o inducidos: inducción o intensificación de riesgos naturales por la acción humana.

LOS RIESGOS GEOLÓGICOS PUEDEN SER NATURALES, INDUCIDOS O MIXTOS

Naturales	Geodinámicos internos	Volcanes Terremotos Diapiros
	Geodinámicos Externos	Terrenos expansivos Movimientos de ladera Subsidencias Dunas Inundaciones (riesgo geoclimático)
Riesgos naturales inducidos (por alteración humana de la dinámica de procesos naturales de erosión – sedimentación; estos riesgos aumentan la intensidad, extensión o probabilidad de ocurrencia de un riesgo natural)		Colmatación de estuarios y puertos Modificación de la dinámica costera Alteraciones de los deltas Radiactividad natural
Inducidos (debidos a las intervenciones humanas en el medio geológico.		Contaminación de aguas y suelos Agotamiento de recursos geológicos Subsidencias inducidas Rotura de presas

8.2 PLANIFICACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS

- La planificación de los riesgos geológicos tiene por objeto la elaboración de medidas destinadas a hacer frente a los daños que estos pudieran provocar. Estas medidas consisten en identificar, predecir, prevenir y corregir, cuando es posible, esos riesgos.

AL IDENTIFICAR RIESGOS HAY QUE CONSIDERAR FACTORES COMO LA PELIGROSIDAD, LA EXPOSICIÓN Y LA VULNERABILIDAD

- La peligrosidad (P) es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno. Depende del propio evento y para determinarla hay que tener en cuenta:
 - Su distribución geográfica.
 - El tiempo de retorno (frecuencia con la que se repite).
 - Su magnitud o grado de peligrosidad.

Frecuentemente no es posible reducir la peligrosidad de un riesgo natural, ya que no se puede evitar que estos ocurran. Cuando, más adelante, tratemos los principales riesgos naturales veremos las medidas que se pueden adoptar para reducir su peligrosidad cuando es posible.

- La exposición (E) es el número total de personas o bienes sometidos a un determinado riesgo. La superpoblación o el hacinamiento incrementan más el riesgo que la peligrosidad del proceso en sí. La exposición a un riesgo se puede valorar de dos formas:

- Social: número de víctimas potenciales.
- Económica: bienes expuestos.

Se puede reducir la exposición a un riesgo mediante la ordenación del territorio, limitando o impidiendo la ocupación de las zonas de riesgo, o mediante el diseño de estrategias de emergencia (protección civil, sistemas de vigilancia, ...).

- La vulnerabilidad (V) representa el porcentaje, respecto al total expuesto, de víctimas mortales o de pérdidas de bienes materiales provocadas por un determinado evento.

Existen medidas destinadas a reducir este factor, como el diseño, el empleo de materiales y técnicas adecuados, etc.

Se considera riesgo (R) al producto de los tres factores implicados en él:

$$R = P \cdot E \cdot V$$

Con la misma peligrosidad, aumentará el riesgo si cualquiera de los otros dos factores es elevado.

LA PLANIFICACIÓN DE RIESGOS INCLUYE LAS MEDIDAS DE PREDICCIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS MISMOS

- La planificación de riesgos tiene como objetivo la elaboración de medidas destinadas a hacer frente a todo tipo de riesgos. Se basa en la predicción y prevención de los mismos.
- Predicción: dónde va a ocurrir, cuándo y con qué intensidad.
- Prevención: prepararse con anticipación mediante medidas encaminadas a mitigar los daños o eliminar los efectos de los riesgos. Estas medidas pueden ser:
 - Estructurales: modificando las estructuras geológicas o haciendo construcciones adecuadas.
 - No estructurales: elaborando mapas de riesgos para hacer una adecuada planificación del territorio.
 - De protección civil:
 - Estructurales: vías de comunicación y refugios adecuados.
 - No estructurales: preparar y alertar a la población.

LA CARTOGRAFÍA DE RIESGOS FAVORECE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS

- La elaboración de mapas de riesgos es fundamental para hacer una correcta planificación del territorio y para preparar las medidas que permitan reducir los efectos de los riesgos.
- Se pueden construir diversos tipos de mapas de riesgos:
 - Mapas de peligrosidad: se elaboran teniendo en cuenta la distribución geográfica, el tiempo de retorno y el grado de peligrosidad.
 - Mapas de exposición: para elaborarlos se puede tener en cuenta la densidad de población, el índice de población expuesta, el coeficiente de proximidad o el conjunto de los tres valores anteriores.
 - Mapas de vulnerabilidad: reflejan las pérdidas sociales o económicas.
 - Mapas de riesgo (social o económico): se elaboran a partir de los tres tipos anteriores.
- El análisis de la relación coste/beneficio permite apreciar que es más económico prevenir los riesgos que reparar sus daños.

8.3 RIESGOS GEOLÓGICOS LIGADOS A LOS PROCESOS INTERNOS

LA IMPORTANCIA DE UN SEÍSMO PUEDE MEDIRSE ATENDIENDO A DOS PARÁMETROS: INTENSIDAD Y MAGNITUD

- La intensidad es una medida de cómo se siente el terremoto y se mide por los efectos que produce el terremoto en cada punto. No depende sólo de la magnitud, sino de muchos otros factores. Aunque la intensidad propiamente se refiere a la alcanzada en una localidad, se suele usar también referida a un terremoto. En este caso se entiende como la intensidad máxima producida por el terremoto.

En los terremotos importantes las intensidades alcanzadas en las distintas localidades alrededor del epicentro se sitúan sobre un mapa en el que se separan por líneas las regiones de distinta intensidad. A estos mapas se les llama mapas de isosistas.

La escala de intensidad más conocida es la propuesta en 1902 por G. Mercalli. La escala de intensidad actualmente en uso en Europa y oficial en España es la llamada MSK (propuesta en 1964 por Mendevev, Sponheuer y Karnik), que es una revisión de la de Mercalli y tiene también doce grados.

- La magnitud de un terremoto representa la energía liberada en el foco. La escala para medir la magnitud fue establecida en 1935 por Charles F. Richter. En esta escala, un terremoto con foco a profundidad normal (entre 10 y 30 km) de magnitud menor de 3 apenas se siente en la zona cercana al epicentro. Entre 4 y 5 se siente y produce caídas de objetos y daños pequeños. Entre 5 y 6 los daños son apreciables, aumentando rápidamente para los grandes terremotos destructores de magnitud 7 y 8. Cuando un terremoto es muy superficial puede causar grandes daños, aunque su magnitud no sea muy grande. La magnitud de un terremoto se determina midiendo la amplitud de las ondas sísmicas registradas por un sísmógrafo.

EXISTEN NUMEROSOS RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA

- Entre ellos podemos destacar:
 - Daños en edificios e infraestructuras (vías férreas, carreteras, aeropuertos, ...).
 - Inestabilidad de las laderas.
 - Rotura de presas y conducciones de gas o agua (riesgo de inundaciones e incendios).
 - Licuefacción del terreno (ocurre en ciertos terrenos arenosos o arcillosos que contienen mucho agua).
 - Tsunamis (relacionadas con los maremotos).
 - Desaparición de acuíferos y desviación del cauce de ríos.
 - Rotura de cables y conducciones submarinas debido a corrimientos de tierra.
 - Epidemias, relacionadas con la descomposición de los cadáveres y la rotura de las conducciones de agua potable y del alcantarillado.

LOS MÉTODOS DE PREDICCIÓN SE BASAN EN EL ESTUDIO DE LA HISTORIA SÍSMICA Y DE LOS PRECURSORES

- Las zonas sísmicas pueden clasificarse mediante un índice de sismicidad, que es el número de seísmos registrados por cada 100.000 km² de superficie. El mayor índice lo tiene Japón (382) seguido por Chile, Nueva Zelanda e Italia.
- El efecto potencial de los terremotos de una zona sobre las construcciones humanas se conoce como capacidad de daño, y la distribución de esta capacidad en el tiempo se denomina riesgo sísmico.
- En principio, un terremoto se desencadena cuando la tensión acumulada en los labios de una falla supera el rozamiento en el plano de ésta. Por lo tanto, todo seísmo debe ir precedido de un periodo de acumulación de tensiones en el entorno de la fractura. Estas tensiones crecientes afectarán a las propiedades físicas del terreno, constituyendo estas variaciones indicios precursores del seísmo que se avecina. Los principales precursores sísmicos son:
 - Elevaciones del terreno (unos centímetros).
 - Reducción de la conductividad eléctrica del terreno.
 - Variaciones en el campo magnético local.
 - Disminución de la relación Vp/Vs en las ondas sísmicas que atraviesan el terreno próximo a la falla.
 - Aumento de la cantidad de radón en el agua de pozos profundos.
 - Aumento de la cantidad de microseísmos locales.
- La predicción sísmica se basa en el estudio de la historia sísmica de una región y en el estudio de los precursores.
 - El historial de los temblores de tierra en las regiones de alto índice de sismicidad permitirá definir una cadencia media de seísmos. A partir de ella, las zonas de mayor intervalo de calma sísmica son las de mayor riesgo, ya que llevan más tiempo acumulando tensiones.
 - En cuanto al estudio de los precursores se aplicaría en las fallas de alto riesgo, controlando toda su longitud para poder detectar los segmentos que están acumulando mayor cantidad de tensión.

LAS NORMAS DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE INTENTAN PREVENIR LOS DAÑOS PROVOCADOS POR LOS TERREMOTOS

- Muchas veces el daño originado por un terremoto se debe principalmente al hacinamiento o a las deficiencias en las construcciones.
- La normativa básica en zonas sísmicas va encaminada a reducir la vulnerabilidad y la exposición.
- En sustratos rocosos los edificios deben ser lo más simétricos posible, estar contruidos sobre cimientos que absorban vibraciones y permitan la oscilación y mantener una distancia de separación que impida choques entre edificios.
- Sobre suelos blandos los edificios deben ser bajos, rígidos y no demasiado extensos porque la vibración diferencial de distintas zonas puede originar su derrumbamiento.
- La elaboración de mapas de riesgo resulta útil para la predicción y prevención ya que a partir de ellos se puede llevar a cabo una correcta ordenación del territorio.
- Como norma de prevención también hay que citar los planes de emergencia, de alerta y de protección civil, que incluyen las campañas de información a la población sobre cómo actuar en caso de terremoto.

LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS PRÓXIMOS CONVIERTEN A LOS VOLCANES EN GRAVES RIESGOS

- Los factores que intensifican el riesgo volcánico son:
 - El incremento de población en sus proximidades.
 - El tipo de erupción: depende de la viscosidad de la lava y de la presencia o ausencia de gases. Un mismo volcán puede experimentar erupciones de distintos tipos. Ver cuadro de la página siguiente.
 - Los principales riesgos derivados de la actividad volcánica son:
 - Riesgos directos: coladas de lava, lluvias de piroclastos, nubes ardientes y formación de calderas.
 - Riesgos derivados:
 - Erupciones freato-magmáticas: el magma entra en contacto con agua provocando su vaporización y originando grandes explosiones.
 - Lahares: corrientes de fango producidas por fusión de nieve o hielo en la cumbre del volcán.
 - Tsunamis: gigantescas olas originadas por el hundimiento de calderas submarinas.
 - Movimientos de ladera: deslizamientos, desprendimientos y avalanchas.
 - Emisión de venenos y gases asfixiantes.

TIPOS DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA

IEV *	% de piroclastos o coladas piroclásticas	Denominación	Materiales emitidos	Peligrosidad
0 – 1	0 - 3	Hawaiana	Coladas	Arrasamiento de cultivos Cortes en vías de comunicación
1 – 2	40	Estromboliana	Piroclastos y coladas	Explosiones frecuentes pero poco peligrosas Enterramiento por cenizas
2 – 4	60	Vulcaniana	Coladas y piroclastos	Aplastamiento por caída de piroclastos Explosiones violentas
4 – 8	99	Pliniana	Coladas piroclásticas	Caída de piroclastos Enfriamiento del clima (emisión de aerosoles) Lluvias torrenciales (condensación de vapor de agua emitido)
5 – 8	99	Ultrapliniana	Coladas piroclásticas	Lahares y avalanchas Calderas de colapso Riesgo de seísmos y tsunamis consecuentes

* IEV= Índice de Explosividad Volcánica. Los valores bajos indican vulcanismo efusivo y los altos explosivo.

- La predicción de la actividad volcánica se hace desde dos puntos de vista:
 - Análisis de la historia eruptiva del volcán.
 - Diversos precursores geofísicos y geoquímicos como:
 - Pequeños temblores de tierra.
 - Ruidos.
 - Cambios en la topografía.
 - Variaciones en el potencial eléctrico de las rocas (por el aumento de temperatura).

- Anomalías gravimétricas.
 - Análisis de gases emitidos.
- Los métodos de prevención requieren la elaboración previa de mapas de peligrosidad y de riesgo. Algunas medidas que se pueden adoptar para reducir los daños pueden ser:
- Desviar las coladas de lava mediante muros o zanjas.
 - Construir túneles de descarga del agua de los lagos del cráter para evitar la formación de lahares.
 - Vigilar permanentemente los volcanes activos y evacuar poblaciones que pueden verse afectadas por una erupción si se detecta cualquier actividad anormal (precursores).
 - Contratar seguros que cubran la pérdida de propiedades en caso de desastre natural.
 - Evitar la construcción en zonas de riesgo elevado y cambiar el emplazamiento de núcleos de población ya existentes.
 - Construir viviendas con tejados semiesféricos en los que no se pueda acumular la ceniza.

8.4 RIESGOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS CON LOS PROCESOS EXTERNOS

LAS INUNDACIONES Y AVENIDAS PUEDEN TENER UN ORIGEN CLIMÁTICO, GEOLÓGICO O ANTRÓPICO

- El origen de las inundaciones y avenidas (inundaciones de gran magnitud) puede ser muy variado:
- Climático: huracanes, lluvias torrenciales, marejadas, fusión rápida de las nieves por aumento de temperatura, ...
 - Geológico: fusión rápida de la nieve por la erupción de un volcán, obstrucción de un cauce como consecuencia de una avalancha o de un deslizamiento, tsunamis, ...
 - Humano: alteración del régimen hidrológico normal. Puede deberse a dos tipos de causas:
 - Directas: cambios en el cauce (diques, canalizaciones), rotura de presas o descarga súbita del agua de las mismas, obras de minería y escombreras, ...
 - Indirectas: deforestación (disminuye la retención de agua y aumenta la erosión y la consiguiente colmatación de los embalses), modificación de la permeabilidad del suelo (en el uso agrícola o por el asfaltado), ...
- Riesgos derivados:
- Pérdidas humanas y económicas como consecuencia de la ocupación de las llanuras de inundación al tratarse de zonas muy fértiles, con topografía suave y fácil acceso al agua.
- Predicción:
- Elaboración de mapas de riesgos.
 - Predicciones meteorológicas.
 - Vigilancia de los cauces mediante redes de estaciones de aforo.
- Prevención:
- Construcción de diques y presas para regular el caudal (laminación del caudal: se reduce el caudal punta) reteniendo el agua e inundando zonas de manera controlada. Cuando los diques o presas se desbordan pueden originar un desastre de mayores proporciones que la inundación natural.
 - Ensanchamiento de cauces.
 - Desvío y canalización de los cauces.
 - Reforestación y conservación de suelos.
 - Ordenación del territorio encaminada a regular determinados usos de las zonas propensas a las inundaciones (figura 6.48, pág. 176).
 - Planes de alarma y evacuación (protección civil).
 - Contratación de seguros.

En España la zona de mayor riesgo de inundaciones corresponde a Levante, donde en determinadas épocas, principalmente a finales de otoño, se producen situaciones de inestabilidad atmosférica que generan precipitaciones abundantes (gota fría).

LOS MAPAS DE RIESGOS SON MUY ÚTILES EN LA PREDICCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA

- El riesgo de movimientos de ladera puede verse reducido o incrementado por diversos factores:
- Reducen el riesgo:
 - La elevada cohesión de los materiales.
 - La existencia de vegetación fuertemente enraizada.
 - Pendientes inferiores al 15%.

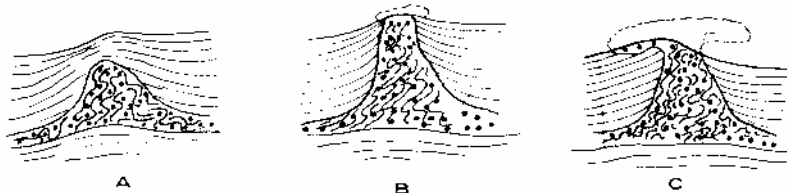
- Aumentan el riesgo:
 - La alternancia de épocas de lluvia o de deshielo.
 - El aumento de la escorrentía.
 - El estancamiento del agua.
 - Los cambios frecuentes en el nivel freático.
 - La alternancia de estratos con diferente permeabilidad.
 - La fuerte pendiente.
 - La presencia de materiales alterados.
 - Los planos de estratificación paralelos a la pendiente.
 - La presencia de fallas o fracturas.
- Riesgos derivados:
 - La magnitud de los movimientos de ladera es muy variable: desde la caída de bloques, con efectos muy limitados, hasta inmensos flujos en masa que pueden afectar a grandes regiones y provocar miles de muertos.
- Predicción. Existen diversas técnicas que suministran información sobre la evolución de las laderas:
 - Seguimiento de cambios en la superficie entre puntos de referencia.
 - Medidas de dilatación de grietas en las rocas.
 - Determinación del nivel freático o piezométrico.
 - Clinómetros y extensómetros ...
- Prevención:
 - Modificaciones de la geometría: descargando tierra en la cabecera, rellenando en el pie, rebajando la pendiente, ...
 - Construcción de drenajes que disminuyen la escorrentía, la erosión o el hinchamiento de terrenos expansivos.
 - Plantaciones y reforestaciones.
 - Medidas de contención: muros, contrafuertes, redes o mallas, anclajes, pilotes, ...
 - Inyección de sustancias que incrementen la cohesión.

LAS SUBSIDENCIAS SON HUNDIMIENTOS LENTOS, MIENTRAS QUE LOS COLAPSOS SON BRUSCOS

- Las posibles causas de las subsidencias y los colapsos son:
 - Hidrocompactación: los limos y loess, al saturarse por primera vez, pierden por disolución el cemento que los une.
 - Licuefacción de formaciones arcillosas durante terremotos.
 - Procesos de tipo cárstico por disolución de sales, yesos o formaciones calcáreas.
 - Contracción del terreno debido a la pérdida de humedad en turberas, formaciones arcillosas y arenosas. Puede ser por causas naturales (periodos especialmente secos) o inducidas (sobreexplotación de acuíferos, derivación de aguas de escorrentía para otros usos, ...).
 - Compactación de terrenos no consolidados debido al exceso de carga.
 - Explotaciones mineras subterráneas.
- Riesgos derivados
 - Pueden afectar a estructuras aisladas o, en ocasiones, a grandes áreas, incidiendo en la infraestructura y en los servicios básicos.
- Predicción:
 - Estudios geotécnicos previos a la realización de construcciones (investigación de las características geológicas –litológicas y estructurales– y reológicas –comportamiento frente a la deformación– de los materiales).
 - Elaboración de mapas de riesgo.
- Prevención:
 - Ordenación del territorio y establecimiento de normativas de construcción o de explotación.
 - Sobrecarga durante cierto tiempo (un año) previo a la construcción.
 - Drenaje, también para acelerar la consolidación.
 - Consolidación dinámica (apisonado).

LOS DIAPIROS SE ORIGINAN POR LA EXISTENCIA DE ESTRATOS SALINOS

- Los diapiros se forman en series sedimentarias que llevan intercalados estratos de rocas salinas. Estas rocas, al ser muy plásticas tienden a acumularse en las charnelas de los anticlinales y además, al ser menos densos, tienden a ascender perforando los materiales superpuestos.



- Riesgos derivados:
 - Deformaciones del suelo e inestabilidad de las construcciones.
 - Hundimiento del terreno por disolución.
- Predicción:
 - Elaboración de mapas de riesgo y estudios gravimétricos (los materiales poco densos de los diapiros provocan anomalías gravimétricas negativas).
- Prevención:
 - Relleno de las cavidades originadas por disolución.

CIERTOS MATERIALES SE HINCHAN AL HIDRATARSE

- Las arcillas, los limos arcillosos, las margas y las anhidritas (que al hidratarse forma yeso) forman suelos expansivos porque aumentan de volumen cuando se hidratan; cuando se deshidratan se agrietan como consecuencia de la retracción que sufren.
- Riesgos derivados:
 - Roturas en edificios
 - Pérdida de asentamiento en los cimientos y muros
 - Rotura de cañerías
 - Deformación de pavimentos
- Predicción:
 - Estudios geotécnicos previos a la realización de construcciones (investigación de las características geológicas –litológicas y estructurales– y reológicas –comportamiento frente a la deformación– de los materiales).
- Prevención:
 - Tratamiento químico (inyección de cal o potasio)
 - Corrección de pendientes.
 - Construcción de drenajes
 - Empleo de cimentaciones especiales.
 - Restricciones de uso en zonas susceptibles (ordenación del territorio)

LAS DUNAS CONSTITUYEN UN RIESGO EN CIERTAS ZONAS LITORALES Y EN LAS ZONAS ÁRIDAS

- La acción eólica es especialmente importante en zonas de vientos persistentes, con abundancia de materiales no consolidados y ausencia de vegetación.
- Riesgos derivados:
 - Enterramiento de todo tipo de construcciones y pérdida de suelos de cultivo.
- Prevención:
 - Fijación de las dunas mediante plantaciones o empalizadas.

LOS RIESGOS EN LAS COSTAS SE INCREMENTAN POR SER ZONAS DENSAMENTE POBLADAS

- Los riesgos en las zonas costeras vienen condicionados por tres procesos fundamentalmente:
 - Erosión de las playas por acción de los temporales.
 - Retroceso de acantilados.
 - Inundaciones debidas a diversos procesos meteorológicos o geológicos.
- Riesgos derivados:
 - Derrumbe de construcciones y pérdida de vidas humanas cuando los procesos son repentinos.

- Predicción:
 - Estudios geotécnicos.
 - Elaboración de mapas de riesgos.
- Prevención:
 - Construcción de muros en la base de los acantilados.
 - Rompeolas.
 - Espigones, que favorecen la sedimentación y evitan la erosión de las playas.
 - Legislación que establezca normas sobre la ocupación de determinadas zonas. En España la Ley de costas establece las siguientes zonas:
 - Zona de servidumbre de protección: se extiende 100 m tierra adentro y está prohibido cualquier uso, salvo servicios de utilidad pública o instalaciones deportivas al aire libre.
 - Zona de influencia: hasta los 500 m, en la que existen unas normas de ordenación urbanística.

8.5 RIESGOS GEOLÓGICOS INDUCIDOS

- Existen riesgos provocados por la acción humana sobre la dinámica de algunos procesos geológicos o sobre el propio medio geológico. Podemos citar como ejemplos:
 - Acentuación de la expansividad de las arcillas por un exceso de riego.
 - Erosión y desertificación continental aceleradas a causa de las talas masivas, los incendios forestales o la impermeabilización del terreno debida a los procesos urbanísticos.
 - Deslizamientos, desprendimientos o avalanchas favorecidas por la deforestación.
 - Subsidiencias por extracción de petróleo y gas natural, actividades mineras subterráneas, sobreexplotación de acuíferos, ...
 - Deslizamientos inducidos por la construcción de obras civiles, rotura de muros de contención, etcétera.